



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

### **CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECURIA**

#### **EVALUACIÓN DE LA SOBREVIVENCIA DE TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN LA ETAPA DE ENGORDE BAJO UN SISTEMA CON RECIRCULACIÓN DE AGUA EN PIMAMPIRO, IMBABURA.**

**Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero en Agropecuario**

**AUTOR:**

**Edison Giovanni Quiñonez Ibarra**

**DIRECTORA:**

**Dra. Silvia Nogales**

**Ibarra, Enero 2017**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN**  
**CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**  
**ESCUELA DE INGENIERIA EN AGROPECUARIA.**

**“EVALUACIÓN DE LA SOBREVIVENCIA DE TRUCHA ARCOÍRIS**  
**(*Oncorhynchus mykiss*) EN LA ETAPA DE ENGORDE BAJO UN SISTEMA**  
**CON RECIRCULACIÓN DE AGUA EN PIMAMPIRO, IMBABURA”**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación  
como requisito parcial para obtener Título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**APROBADO:**

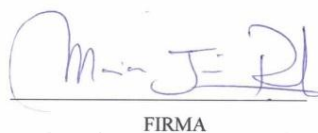
PhD. Silvia Nogales  
**DIRECTORA**

  
FIRMA

Msc. Miguel Aragón  
**MIEMBRO TRIBUNAL**

  
FIRMA

Msc. María José Romero  
**MIEMBRO TRIBUNAL**

  
FIRMA

Msc. Alexandra Jácome  
**MIEMBRO TRIBUNAL**

  
FIRMA

### **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló sin violar derechos de autores terceros, por lo tanto es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 23 días del mes de Febrero del 2017



Firma

Giovanni Quiñonez

### CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Edison Giovanni Quiñonez Ibarra, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 23 días del mes de Febrero del 2017



PhD. Silvia Nogales

DIRECTORA DE TESIS



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio digital institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
Cédula de identidad:	100367093-0		
Apellidos y nombres:	Quiñonez Ibarra Edison Giovanni		
Dirección:	Pimampiro barrio santa clara		
Email:	<a href="mailto:geovannyibarra@yahoo.com">geovannyibarra@yahoo.com</a>		
Teléfono fijo		Teléfono móvil	0969959250

DATOS DE LA OBRA	
Título:	EVALUACIÓN DE LA SOBREVIVENCIA DE TRUCHA ARCOÍRIS ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) EN LA ETAPA DE ENGORDE BAJO UN SISTEMA CON RECIRCULACIÓN DE AGUA EN PIMAMPIRO, IMBABURA.
Autor:	Quiñonez Ibarra Edison Giovanni
Fecha:	2017
Solo para trabajos de grado	
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ingeniero Agropecuario
Director:	Ing. Silvia Nogales, PhD.

## **2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Quiñonez Ibarra Edison Giovanni, con cédula de ciudadanía Nro.100367093-0; en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el repositorio digital institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con Ley de Educación Superior Artículo 144.

## **3. CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra 23 de Febrero del 2017

**EL AUTOR**



.....  
Quiñonez Ibarra Edison Giovanni

C.I.: 100367093-0

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR  
DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Edison Giovanni Quiñonez Ibarra, con cédula de identidad Nro. 1003670930, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **EVALUACIÓN DE LA SOBREVIVENCIA DE TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN LA ETAPA DE ENGORDE BAJO UN SISTEMA CON RECIRCULACIÓN DE AGUA EN PIMAMPIRO, IMBABURA**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO AGROPECUARIO en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 23 días del mes de Febrero del 2017



Firma

Giovanni Quiñonez

## **AGRADECIMIENTO**

Al culminar una etapa tan importante de mi vida, quiero expresar mi agradecimiento profundo y sincero a Dios por convertirse en la luz y guía en mi camino, también a quienes de una u otra manera han contribuido al desarrollo de este trabajo en especial a mi madre quien ha sido el soporte fundamental en mi vida.

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Escuela de Ing. Agropecuaria, a mis maestros universitarios, de manera especial a mi directora de Tesis Dra. Silvia Nogales por haberme brindado sus conocimientos y ser una guía en el camino de mi investigación; de igual manera le agradezco a todas las personas que se hicieron presente en los momentos más duros de mi carrera como es a mi novia Irma la cual es una de las personas que me dio ánimos y fuerzas cuando casi desistí, de igual manera a los ingenieros que se me asigno como mis asesores ya que sin su ayuda no podría haber llegado a cumplir mi objetivo.

EDISON GIOVANNI QUIÑONEZ IBARRA.



## **DEDICATORIA**

La vida está llena de sueños, metas y objetivos por cumplir y que grato es saber que cuentas con el apoyo de personas que contribuyen a alcanzarlo. Este trabajo se lo dedico a mi Madre Zara Ibarra la cual es símbolo de lucha y perseverancia y a Dios por ser la luz que ilumina mi vida, por haber permitido que conozca personas esenciales que han sido el eje fundamental de mi formación personal y profesional.

En forma muy especial quiero dedicar este trabajo a mi hermano Gabriel Quiñonez quien demostró en su corta vida un gran carisma y me demostró que en la vida hay que luchar día a día y nunca rendirse, siendo tú un digno ejemplo de superación. Te amare por siempre mi hermano.

A mis hijos Ghael y Dereck quienes son una de mis mayores razones para seguir luchando y cumplir la promesa que les hice, Uds. son lo más lindo que mi Dios me regaló en la vida, su amor no se compara con nada en este mundo. “Los amo”.

EDISON GIOVANNI QUIÑONEZ IBARRA

## INDICE DE CONTENIDOS

\_Toc475441871

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	III
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA .....	IV
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	VII
AGRADECIMIENTO.....	VIII
DEDICATORIA.....	IX
INDICE DE CONTENIDOS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XV
INDICE DE ANEXOS .....	XVI
RESUMEN.....	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES .....	1
1.2. PROBLEMA.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4. OBJETIVOS .....	4
2.3.6. 1.4.1 OBJETIVO GENERAL .....	4
2.3.7. 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.5. HIPÓTESIS .....	5
CAPITULO II .....	...6
MARCO TEORICO.....	6
2.1 Sistema de recirculación .....	6
	X

2.1.1	Componentes .....	7
2.1.2	Biofiltro .....	7
2.1.3	Aireación .....	8
2.1.4	Remoción de residuos sólidos .....	8
2.1.5	Calidad de agua .....	8
2.1.6	Temperatura y oxigenación .....	9
2.1.7	Nitrógeno.....	9
2.1.8	PH, Alcalinidad y Dureza.....	9
2.2	Aspectos básicos para el cultivo de la trucha arcoíris.....	10
2.2.1	Clasificación taxonómica (Wilbert, 2007).....	11
2.2.2	Características y descripción de la especie.....	11
2.2.3	Hábitos alimenticios .....	12
2.2.4	Aspectos reproductivos .....	12
2.3	Etapas fisiológicas de la trucha arcoíris. ....	12
2.3.1.	Ovas.....	13
2.3.2.	Alevinos.....	13
2.3.3.	Juveniles .....	14
2.3.4.	Comercial .....	14
2.3.5.	Ecología.....	15
2.3.8.	Calidad del agua en el cultivo de trucha.....	15
2.3.9.	Crecimiento .....	15
2.3.10.	Nutrición y alimentación .....	16
2.3.11.	Consumo de alimento para Trucha Arcoíris .....	16
2.3.12.	Granulometría de alimento según su etapa .....	16
2.3.13.	Temperatura .....	17

### CAPITULO III

### MÉTODOLOGIA

3.1. Caracterización del área de estudio .....	18
3.1.1. Ubicación geográfica de la localidad.....	18
3.2.1. Materiales de campo .....	18
3.2.2. Equipos de oficina .....	19
3.2.3. Material experimental.....	19
3.1. Método .....	19
3.2.4. Tratamientos .....	19
3.2.5. Piscina del Sistema de Recirculación .....	20
3.2.6. Medidas de la piscina del Sistema de Recirculación .....	20
3.2.7. Piscina Sistema Tradicional.....	21
3.2.8. Medidas Piscina Sistema Tradicional.....	21
3.2.9. Diseño experimental .....	22
3.2.10. Características del Experimento .....	22
3.2.11. Características de las unidades experimentales .....	22
3.2.12. Análisis Estadístico .....	22
3.3. Variables Evaluadas.....	22
3.3.1. Oxígeno Disuelto.....	22
3.3.2. Parámetros Fisicoquímicos.....	22
3.3.3. Mortalidad .....	23
3.3.4. Conversión alimenticia .....	23
3.3.5. Análisis económico .....	23
3.4. Manejo específico del experimento .....	23
3.4.1. Readecuación del área de investigación. ....	23
3.4.2. Obtención de la bomba centrífuga. ....	24
3.4.3. Armado del biofiltro. ....	24
3.4.4. Adquisición del balanceado.....	24
3.4.5. Compra de animales .....	24

3.4.6.	Limpieza de las piscinas .....	25
3.4.7.	Desinfección del área de ensayo.....	25
3.4.8.	División de las piscinas .....	25
3.4.9.	Colocación de las truchas en las piscinas .....	25
3.4.10.	Pesado de truchas .....	25
3.4.11.	Medición de animales .....	25
3.4.12.	Sistema de alimentación .....	26
CAPITULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSION .....		27
4.1.	Oxígeno Disuelto en el Agua.....	27
4.2.	Parámetros Fisicoquímicos: Contenido de Amonio .....	29
4.4.	Temperatura .....	30
4.5.	Parámetros de Producción: Longitud.....	32
4.6.	Ganancia de peso. ....	33
4.7.	Índice de conversión alimenticia (ICA) .....	35
4.8.	Tasa de alimentación diaria .....	36
4.9.	Porcentaje de mortalidad .....	37
4.10.	Costo beneficio Sistema de Recirculación .....	37
4.11.	Costo beneficio Sistema Tradicional.....	37
CAPITULO V.....		39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		39
CONCLUSIONES.....		39
RECOMENDACIONES .....		40
BIBLIOGRAFÍA.....		41
ANEXOS.....		43

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Clasificación de agua según su dureza. ....	10
<b>Tabla 2</b> Parámetros de calidad de agua del cultivo de o. mykiss. ibarra, 2017. ....	15
<b>Tabla 3</b> Consumo de alimento según la etapa de trucha. ibarra, 2017. ....	16
<b>Tabla 4</b> Medidas de granulometría para cada etapa de trucha. ibarra, 2017. ....	17
<b>Tabla 5</b> Tratamientos a evaluar. ibarra, 2017. ....	19
<b>Tabla 6</b> Análisis nutricional. ibarra, 2017. ....	24
<b>Tabla 7</b> Sistema de alimentación de trucha. ibarra, 2017. ....	26
<b>Tabla 8</b> Oxígeno disuelto en el agua. ibarra, 2017. ....	27
<b>Tabla 9</b> Contenido de amonio. ibarra, 2017. ....	29
<b>Tabla 10</b> Temperatura. ibarra, 2017. ....	30
<b>Tabla 11</b> Parámetros fisicoquímicos en el agua. ibarra, 2017. ....	30
<b>Tabla 12</b> Longitud. ibarra, 2017. ....	32
<b>Tabla 13</b> Ganancia de peso. ibarra, 2017. ....	33
<b>Tabla 14</b> Índice de conversión alimenticia. ibarra, 2017. ....	35
<b>Tabla 15</b> Tasa de alimentación diaria. ibarra, 2017. ....	36
<b>Tabla 16</b> Costo- beneficio sistema de recirculación. ibarra, 2017. ....	37
<b>Tabla 17</b> Costo- beneficio sistema tradicional. ibarra, 2017. ....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Aspecto general y morfología de un individuo adulto de o. Mykiss. Ibarra, 2017. ....	11
<b>Figura 2</b> Huevos embrionados de trucha arcoíris. Ibarra, 2017. ....	13
<b>Figura 3</b> Alevines de trucha. Ibarra, 2017. ....	13
<b>Figura 4</b> Juvenil de trucha. Ibarra, 2017. ....	14
<b>Figura 5</b> Adulto de trucha. Ibarra, 2017. ....	14
<b>Figura 6</b> Sistema de recirculación. Ibarra, 2017. ....	20
<b>Figura 7</b> Medidas de la piscina de recirculación y sus componentes. Ibarra, 2017. ....	20
<b>Figura 8</b> Sistema tradicional. Ibarra, 2017. ....	21
<b>Figura 9</b> Medidas de la piscina del sistema tradicional. Ibarra, 2017. ....	21
<b>Figura 10</b> Oxígeno disuelto en el agua. Ibarra, 2017. ....	28
<b>Figura 11</b> Parámetros fisicoquímicos del agua. Ibarra, 2017. ....	31
<b>Figura 12</b> Longitud. Ibarra, 2017. ....	33
<b>Figura 13</b> Ganancia de peso. Ibarra, 2017. ....	34
<b>Figura 14</b> Índice de conversión alimenticia. Ibarra, 2017. ....	35
<b>Figura 15</b> Tasa de alimentación diaria. Ibarra, 2017. ....	36

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Ubicación del área de estudio. Comunidad de San Francisco 2016. ....	44
<b>Anexo 2</b> Croquis del experimento .....	45
<b>Anexo 3</b> Datos recopilados para la variable porcentaje (%) de sobrevivencia en la investigación .....	45
<b>Anexo 4</b> Datos recopilados para el peso de la trucha en (g) a lo largo de la investigación .....	45



## RESUMEN

La principal variable crítica del crecimiento de la acuicultura en Ecuador ha sido la disponibilidad del recurso hídrico en exceso, sobre todo de una buena calidad de agua adecuada para Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Este trabajo presenta las experiencias obtenidas en una explotación de Trucha Arcoíris aplicando un Sistema con recirculación de agua para su producción en la etapa de engorde, como una alternativa de producción sostenible. El sistema incluyó dos piscinas rectangulares con un volumen de agua de 24 000 l cada una, dos tanques que actuaron como biofiltro, un tanque de reacondicionamiento, una bomba centrífuga de 1 HP, un aireador de un caballo de potencia, un kit de medición de agua dulce y un medidor de Oxígeno disuelto. La Trucha Arcoíris fue cultivada en dos densidades exactamente iguales (25 organismos/m<sup>3</sup>) por un periodo de 30 días calendario. El flujo de agua en los estanques de producción fue de 1 litro por segundo, produciendo un recambio parcial de un 10 % tres veces a la semana durante una hora. El índice de conversión alimenticia fue de 1,18 en el Tratamiento 1 (SR) y de 1,25 en el Tratamiento 2 (ST), dando a conocer una menor eficiencia en el Tratamiento Tradicional.

## ABSTRACT

The main critical variable of the growth of the aquaculture in Ecuador has been the availability of excess water, especially water quality suitable for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). In this work the experiences obtained in a trout farm are presented applying a water circulation in the fattening stage, as an applying a water system for the production stage of fattening, as an alternative of sustainable production. The system included two rectangular pools with a volume of 24 000 Liters each. Two tanks that acted as filters, a reconditioning tank a 1 hp centrifugal pump, a horsepower aerator, a fresh water ejection, kit a dissolved oxygen meter. Rainbow trout were grown at exactly two densities equal to 25 animals for meter cubic for a period of 30 calendar days. The production ponds was 1 liter for second, production producing a total water change three times a week for a period of 1 hour. The feed conversion index was 1, 18 in treatment 1 and 1, 25 in treatment 2 giving greater efficiency in treatment 1.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1. ANTECEDENTES**

La producción de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) constituye una de las operaciones más importantes de la actividad piscícola del mundo superando así un total de 560 mil toneladas de producción anual, la acuicultura constituye una de las principales fuentes de ingresos en países desarrollados como Estados Unidos, México y Colombia. Este último país es donde se están dando los mayores avances en el empleo de sistemas de recirculación de agua y se ha practicado con resultados favorables para el crecimiento de alevines (Sanchez, 2014).

De igual forma, la producción de trucha arco iris es un medio de sustento de muchas comunidades, en diferentes provincias del Ecuador, debido al contenido proteico y alto valor nutricional que ofrece. La finalidad de los piscicultores radica en la obtención de peces con mayor tamaño y peso corporal, además fáciles de manejar en las piscinas de cultivo (Pineda, 2003). A esto sumado la escases y dependencia del recurso hídrico, que hacen que se busquen nuevas alternativas de producción en especies hidrobiológicas, como los sistemas de recirculación en la acuicultura (SRA) (Sanchez, 2014).

Los SRA son distintos tipos de procesos en los cuales el agua que se utiliza en las piscinas de producción, se conduce un tren de tratamiento para reacondicionar el efluente de agua, permitiendo así la vida de los peces. Estos trenes de acondicionamiento tienen como funciones especiales: recircular el agua, remover los sólidos, biofiltración (Timons, 2009).

La biofiltración de agua es una parte esencial de los sistema de recirculación (Suhr, 2010) en donde se utiliza distintos tipos de filtración ya sea mecánico o químico en los cuales se utilizan algunos tipos de organismos vivos para la readecuación del agua que se va a reutilizar (Eding, 2006).

## **1.2. PROBLEMA**

En los países desarrollados se ha venido implementando el mejoramiento y explotación del sector acuícola, como son Estados Unidos, México, Colombia y Chile entre otros. Hoy en día en Ecuador la explotación de especies exóticas tales como la trucha y la tilapia, constituyen una de las principales fuentes de ingresos en las zonas rurales de la región sierra y parte de la costa ecuatoriana (Cardenas, 2004).

El elevado deterioro de los suelos productivos por procesos de sobreexplotación hace vislumbrar que la acuicultura será el futuro, puesto que estas tierras degradadas pueden ser empleadas en esta actividad a esto unido los niveles de desarrollo y crecimiento de la población, dando se hará necesario ofertar alimentos nutritivos y de alta calidad; sin embargo, la disponibilidad y calidad del agua ha sido impactada por actividades naturales como exceso de lluvias, deslaves en las fuentes de agua acarreado en ellas palos, piedras y sedimentos y artificiales tenemos la contaminación con productos químicos utilizados en la agricultura, conduciendo a una mala calidad de agua y una reducida productividad en ecosistemas acuáticos (Sanchez, 2014), otra de las limitantes en la producción de trucha es el taponamiento de la bocatomía esta es ocasionada por el mal tiempo en épocas de invierno causando altos porcentajes de mortalidad y grandes pérdidas económicas (Sanchez, 2014).

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Habitualmente la producción de trucha arcoíris en las granjas acuícolas en las distintas zonas del Ecuador ha dependido directamente de los factores bióticos tales como (organismos acuáticos, ríos, lagunas) y los factores abióticos (oxígeno disuelto, temperatura, pH), actualmente los sistemas tradicionales de cultivo presentan algunos problemas como son la mala calidad de agua y excesiva cantidad del agua utilizada; por esta razón se ha considerado importante buscar nuevas alternativas para contrarrestar y minimizar los problemas que afecten directamente a la producción y al productor.

Los sistemas de recirculación (SRA) utilizan menos del 90% del agua requerida por tener una explotación en la cual se pueda realizar todas las actividades necesarias para su óptima producción. Adicionalmente los sistemas de recirculación utilizan un menor espacio, menores costos de producción y facilidad para su manejo donde los animales se crían en tanques con las condiciones controladas y seguras, siendo esta una de las alternativas cuando tienen problemas de obstrucción, de tal manera que se pueda facilitar la producción y mejorar los rendimientos (Arredondo, 2006).

## **1.4. OBJETIVOS**

### **2.3.6. 1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la sobrevivencia de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la etapa de engorde bajo un sistema con recirculación de agua en Pimampiro, Imbabura.

### **2.3.7. 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar los parámetros fisicoquímicos del agua en un sistema de recirculación de agua y compararlos con el sistema tradicional de cultivo.
- Evaluar los parámetros de producción de truchas engordadas en un sistema de recirculación de agua y compararlos con aquellas producidas en un sistema tradicional.
- Evaluar los costos de producción y la relación costo-beneficio de un sistema de recirculación de agua en la producción de truchas.

## **1.5. HIPÓTESIS**

**Ho:** El sistema de recirculación de agua si influye en el engorde de truchas.

**Ha:** El sistema de recirculación de agua no influye en el engorde de truchas.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 Sistema de recirculación**

En la actualidad los sistemas de recirculación de agua para la acuicultura (SCRA), han recibido una mayor atención debido al enorme potencial que exhiben para reducir los requerimientos de agua para las actividades acuícolas, ya que se ha demostrado que se puede ahorrar hasta un 90%, comparado con los sistemas abiertos tradicionales (Arredondo, 2006).

Estos sistemas además, presentan algunas ventajas entre ellas, maximizar la producción de peces o crustáceos bajo limitaciones de agua, reducción de espacios, minimizar problemas de efluentes reduciendo así las descargas de desechos en el medio ambiente, controlar y regular los parámetros de la calidad del agua. Otros trabajos mencionan las ventajas de utilizar estos sistemas para la producción intensiva de diversas especies de peces, tal como el bagre de canal el cual se puede manejar a una densidad de 19 760 peces/ha, produciendo un rendimiento de 10 600 kg/ha (Arredondo, 2006).

(Timmons, 1995) afirma que el suministro de agua es insuficiente para satisfacer los requerimientos adecuados para la producción de truchas, por ello deben emplearse sistemas que implican la reutilización del agua, característica principal de los sistemas de recirculación en sistemas cerrados.

El uso de los sistemas de recirculación, ha sido históricamente asociado con aplicaciones investigativas, pero actualmente pueden ser utilizados para obtener mayores producciones a menores costos de operación, con respecto a los cultivos tradicionales de trucha arcoíris (Caldwell, 1998). Encontraron que en los Estados Unidos durante 1998 el 9% de la venta de trucha, provenía de cultivos donde se utilizaron los SRA.

Las ventajas de estos sistemas incluyen: flexibilidad en localización, mayor accesibilidad a los lotes de peces (fácil alimentación y manejo), mayor grado de control de las variables ambientales (temperatura, pH, oxígeno disuelto, nitrógeno), y mayor producción de peces por volumen de agua (Duning, 2011).



Entre las desventajas que puede presentar es un mayor costo de la tecnología empleada, la calefacción (si se utiliza en zonas frías y si la especie a cultivar así lo requiere) la aireación, además los filtros requieren constante revisión y dependen totalmente del operador para su excelente funcionamiento (Cadwell, 2010)

### **2.1.1 Componentes**

Un sistema de recirculación utiliza varios componentes para filtrar continuamente las impurezas del agua (tanto partículas de la superficie, en suspensión o las que se depositan en el fondo) y dentro de ella existen innumerables diseños usados para sistemas de recirculación (Kidd, 2011).

Los componentes básicos necesarios para un sistema de recirculación cerrado son:

1. Piscinas para el cultivo.
2. Uno o más biofiltros.
3. Aireación
4. Bombeo centrífuga para mover el agua a través de los componentes del sistema (Cadwell, 2010).

### **2.1.2 Biofiltro**

Los filtros biológicos consisten de una fase solida o matriz compuestas de (tanques de plástico, botellas plásticas y mallas) sobre la cual crecen las bacterias nitrificantes. Estas bacterias se encargan de eliminar los metabolitos liberados por los peces y por la descomposición de materia orgánica. Un biofiltro simple consiste en un tanque de 120 l recortado un 5% de su capacidad lleno de botellas recortadas en espiral estas servirán como retenedores de arena o tierra y como áreas de colonización de bacterias nitrificantes. El agua entra por la parte superior pasa hacia abajo a través del primer filtro el cual se une a un segundo filtro con una capacidad de 120 l lleno de botellas recortadas y sale por un drenaje en la parte inferior a través de tubos conectados a un tanque de reserva de agua con una capacidad de 100 l, las botellas pueden estar total o parcialmente sumergidos en el agua.

### **2.1.3 Aireación**

El término aireación es usado para referirse a la difusión del oxígeno de la atmósfera dentro del agua. La transferencia de oxígeno puro en forma gaseosa al agua se define como oxigenación (Losordo, Masser, & Rakocy, 2009).

El nivel de oxígeno disuelto presente en un sistema de acuicultura es un parámetro importante en la calidad del agua. Si no existe una adecuada concentración de oxígeno disuelto los organismos pueden ser vulnerables a enfermedades, parásitos y morir (Salazar, 2011). El agua debe ser oxigenada con un aireador de 1 hp para mantener apropiadas las concentraciones de oxígeno disuelto y adecuado funcionamiento del filtro biológico (Parker, 2012).

### **2.1.4 Remoción de residuos sólidos**

Los excrementos sólidos resultan de las heces de los peces y del alimento que se suministró y no fue consumido, este factor contribuye a una baja en la porción de oxígeno disuelto en el agua, junto con el amonio que es liberado en los desperdicios de los peces el cual en ciertas cantidades es muy tóxico para los peces, estos deben ser removidos del sistema para evitar mortalidades y pérdidas económicas en la explotación (Parker, 2012).

Una rápida y eficiente remoción de los sólidos reduce significativamente la demanda biológica de oxígeno en el sistema, mejora el desempeño del biofiltro, disminuye el tamaño total del biofiltro requerido (Masser, 2009).

### **2.1.5 Calidad de agua**

Se sabe que el caudal del agua es una necesidad básica, pero la calidad del agua que se tiene en una explotación es de vital importancia. Es decir se debe contar con un ambiente ideal para la crianza de truchas un pH neutro o ligeramente alcalino, el punto óptimo se encuentra entre 7 y 7.5 de pH (Liñan, 2007).

Se debe contar con un tiempo de acondicionamiento de los biofiltros, aproximadamente de 15 días calendario, el amonio y el nitrito deben ser constantemente monitoreados, el oxígeno disuelto debe estar por encima del 60%, la temperatura debe

oscilar entre 12 y 18 °C, la alcalinidad, dureza y pH de 7,5, estos parámetros deben ser medidos y ajustados de acuerdo al lugar donde se encuentre la explotación, si es necesario en intervalos regulares y los filtros deben ser limpiados cuando sea requerido (Yanong, 2003)

### **2.1.6 Temperatura y oxigenación**

Las fluctuaciones de temperatura en el agua es un parámetro muy importante que tiene que tener en cuenta el piscicultor. La temperatura más favorable para el crecimiento de las truchas común y arco iris oscilan alrededor de los 12 °C. Aunque las truchas arcoíris soportan temperaturas de 25 °C durante cortos periodos de tiempo estos no son beneficiosos y 20 °C es la máxima temperatura que puede vivir durante un tiempo prolongado. A parte de su efecto indirecto la temperatura del agua tiene un efecto muy importante en la capacidad de contener un 5% de oxígeno disuelto a una temperatura ideal de 14 o 15 °C. A medida que la temperatura aumenta la cantidad de oxígeno disuelto disminuye hasta un 3% a una temperatura de 16 o 18 °C, de manera que el agua saturada de oxígeno a 4 °C contiene 12.88 ppm de oxígeno disuelto a 20 °C tendrá 9 ppm (Liñan, 2007)

### **2.1.7 Nitrógeno**

Dentro de los productos nitrogenados existen los nitritos ( $\text{NO}_2$ ) en donde es permisible el  $<0.2 \text{ mg/l}$ , los nitratos ( $\text{NO}_3$ ) se acepta  $<10 \text{ mg/l}$  y el amonio ( $\text{NH}_4$ ) se considera hasta un  $<1 \text{ mg/l}$  este es el más letal en una producción de trucha, el cual es el principal residuo liberado por los peces como subproducto del metabolismo proteico, este es degradado por las bacterias nitrificantes que convierten el amonio en nitrito, el nitrito en nitratos (Masser, 2009).

### **2.1.8 PH, Alcalinidad y Dureza**

El pH se define como la concentración de  $\text{H}^+$  en una solución acuosa e indica el grado de acidez o de alcalinidad de las soluciones (Lehninger, 2000). El pH del agua afecta el estado de otros parámetros de la calidad del agua, un pH ideal para la crianza de truchas debe ser neutro o ligeramente alcalino, su punto óptimo se encentra entre 6.5 y

7,5 de pH (Liñan, 2007), pH menores de 5 y mayores de 9.5 mata a las truchas (Cadwell, 2010).

La alcalinidad corresponde a la concentración total de bases en el agua y se expresa como mg/l de carbonato de calcio equivalente y está representada por iones carbonato ( $\text{CO}_3$ ) y iones bicarbonatos ( $\text{HCO}_3$ ). Los iones bicarbonatos y los carbonatos son las principales fuentes de alcalinidad en la mayoría de los cuerpos de agua, cumpliendo funciones de amortiguador del agua, manteniendo estable el nivel de pH (Losordo, 2002)

La dureza total o general se define como la concentración de iones, básicamente calcio y magnesio y se expresa como mg/L de carbonato de calcio equivalente (Rodríguez, 2011)

Dureza mg/l	Clasificación
0- 70	Blanda
75-150	Moderadamente Blanda
150-300	Dura
>300	Muy dura

**Tabla 1** Clasificación de agua según su dureza.

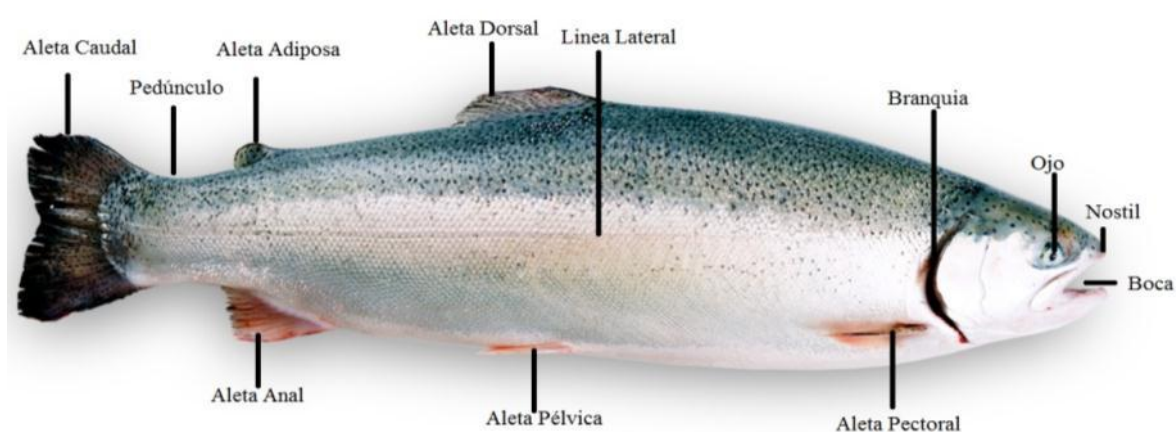
Fuente: (Anzola, 2011).

## **2.2 Aspectos básicos para el cultivo de la trucha arcoíris**

Shepherd, (2009) afirma que la producción de esta especie constituye una de las operaciones más importantes de la actividad piscícola del país tanto del nivel tecnológico por los procedimientos de manejo que actualmente se aplican y los sistemas avanzados de operación.

### 2.2.1 Clasificación taxonómica (Wilbert, 2007).

Reino	: Animal
Sub Reino	: Metazoos
Tipo	: Chordatos
Súper Clase	: Gnastomata
Clase	: Osteichthyes
Sub Clase	: Actinopeterysiis
Orden	: Salmoniformes
Familia	: Salmonidae
Género	: <i>Oncorhynchus</i>
Especie	: <i>O. mykiss</i>



**Figura 1** Aspecto general y morfología de un individuo adulto de *O. mykiss*. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

### 2.2.2 Características y descripción de la especie

La trucha arcoíris (*O. mykiss*) que pertenece a la familia de los salmónidos se caracteriza por presentar un cuerpo alargado, robusto, fusiforme de cabeza relativamente pequeña que tiene una boca terminal y pequeña excepto en los machos, está dotada de dientes fuertes en cada una de las mandíbulas la cual le permiten aprisionar las presas capturadas, características propias de un pez con hábitos carnívoros (Wilbert, 2007).

En la mitad de su cuerpo se ubica la primera aleta dorsal formada por radios blandos. Posteriormente a ésta aparece una pequeña aleta de función desconocida y carácter adiposo, opuesta a ésta y centralmente se encuentra la aleta anal. Estas aletas sirven como timón con el desplazamiento. En la parte ventral presenta dos pares de aletas pectorales las cuales tienen una función estabilizadora, también posee las aletas pélvicas o ventrales estas tienen la función de remos y están ubicadas en la sección media posterior del pez. Finalmente posee una aleta caudal en la parte terminal y su función es de propulsarse hacia adelante (Cardenas, 2004).

La coloración típica de la trucha arcoíris varía del azul a verde oliva por encima de la línea lateral, esto depende al lugar de donde vive, edad, sexo y demás factores. A lo largo de su flanco lateral presenta una banda roja o rosada y una banda plateada por debajo de esta siendo estas características específicas de la especie. La espalda, las zonas laterales, la cabeza y las aletas están generalmente recubiertas con pequeños puntos negros (Wilbert, 2007).

### **2.2.3 Hábitos alimenticios**

En su estado natural la trucha es un pez con hábitos carnívoros. Durante los estados larvales se alimentan del saco vitelino, cuando empieza el consumo de alimento exógeno se alimenta principalmente de zooplancton y posteriormente consume crustáceos, moluscos, insectos y pequeños peces (Cadwell, 2010).

### **2.2.4 Aspectos reproductivos**

La Trucha arcoíris es un pez que nada contra la corriente y su fuerza para nadar es mayor comparada con otros peces. Cuando el pez se encuentra en las últimas etapas de su madurez permanece cerca de la desembocadura del curso de agua que va a migrar, esto lo realiza para finalizar su ciclo reproductivo presentando cortejo y la emisión simultánea de los productos sexuales, que por lo general lo hace en el mismo cuerpo de agua en el cual nació (Hepher, 2013).

## **2.3 Etapas fisiológicas de la trucha arcoíris.**

Según el ministerio de pesquería, el desarrollo biológico de la trucha es de 4 etapas las cuales son:

### **2.3.1. Ovas**

Son los huevos fecundados que permanecen durante 30 días promedio, para luego desprenderse y convertirse en larvas.



**Figura 2** Huevos embrionados de trucha arcoíris. Ibarra, 2017.

**Fuente:** (Wilbert, 2007).

### **2.3.2. Alevinos**

Son peces pequeños que miden de 3cm. a 10cm, con un peso que oscila entre 1.5g a 20g, en esta etapa se empiezan a formar los órganos. Estas truchas en esta etapa ya están listas para ser vendidas.



**Figura 3** Alevinos de trucha. Ibarra, 2017.

**Fuente:** (Liñan, 2007)

### 2.3.3. Juveniles

Son peces que miden de 10 cm a 15 cm, cuyo peso es generalmente de 20g a 100g, a estas alturas se complementa la formación de órganos sexuales y las medidas para los estanques más utilizadas para su manejo son 20 de largo x 2 ancho x 1,2 m de profundidad.



**Figura 4** Juvenil de trucha. Ibarra, 2017.

**Fuente:** (Liñan, 2007).

### 2.3.4. Comercial

Es la etapa especial, donde los peces han recibido el proceso de engordamiento para ser comercializados, estos miden 18cm. a 27 cm con un peso de 100g a 200g, viven a una temperatura promedio de 15 °C.



**Figura 5** Adulto de trucha. Ibarra, 2017.

**Fuente:** (Wilbert, 2007).



### 2.3.5. Ecología

La especie *O. mykiss* ocupa espacios acuáticos con aguas puras y cristalinas que son producidos por cauces como lagos, saltos y cascadas, típicos de los ríos de alta montaña. Prefieren aguas alcalinas, debido a que promueve la existencia de organismos acuáticos de los que la especie se alimenta (Blanco, 2005).

Parámetro	Unidad de medida	Valor	Observación
Temperatura	°C	12	Tolera hasta 25°C por periodos cortos
Oxígeno Disuelto	mg/l	5 a 9	Sobrevive en agua con 3 mg/l
pH	mg/l	6,5- 8,5	Valores inferiores a estos son letales
Amonio (NH <sub>4</sub> )	mg/l	<1	-
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	mg/l	<0.2	-
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/l	<10	-

**Tabla 2** Parámetros de calidad de agua del cultivo de *O. mykiss*. Ibarra, 2017.

**Fuente:** (Cadwell, 2010).

### 2.3.6 Calidad del agua en el cultivo de trucha

Se sabe que la calidad de agua en la producción de trucha es uno de los parámetros más importantes, se debe tener en cuenta que el pH ideal para la crianza esta entre 7 que es neutro o 7.5 ligeramente alcalino, el pH puede medirse con distintos tipos de instrumentos como cintas de medición o productos químicos, para la medición de este parámetro se toma una tira de papel y se moja en una muestra de agua recién sacada para determinar la calidad que tenemos en nuestra explotación (Wilbert, 2007).

### 2.3.7 Crecimiento

El crecimiento de la trucha se describe normalmente con una curva de tipo exponencial, suele ser de un crecimiento rápido al principio, cuando el pez es joven y más lento a medida que aumenta la edad y cuando este alcanza el tamaño y su longitud máxima. El crecimiento en peso sigue un patrón diferente que describe una curva sigmoidea. En las primeras etapas de vida de la trucha el incremento en peso es muy lento (Castro, 2004).

### 2.3.8 Nutrición y alimentación

La alimentación y nutrición están directamente ligados en el suministro de los nutrientes en la dieta de los peces dependiendo de la etapa en la que se encuentre nuestros animales, en este caso se utilizara un producto que contenga un 40% de proteína y de 10 a 13% de lípidos es lo que corresponderá a la etapa de engorde según (Wilbert, 2007).



### 2.3.9 Consumo de alimento para Trucha Arcoíris



Tabla de consumo por etapas de trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )				
Producto	Tamaño de pellets (mm)	Presentación física	Peso truchas (g)	Etapas de crianza
<b>Pre Inicio 1 - 55</b>	0.3 a 0.8	Polvo	0.1 a 1.0	Post – larva
<b>Pre Inicio 2 - 50</b>	0.8 x 1.3	Granulado	1.0 a 2.5	Alevinos
<b>Inicio 45</b>	1.5 x 2.0	Pellet	2.5 a 10.0	Alevinos
<b>Crecimiento 1-42</b>	2.5 x 2.5	Pellet	10.0 a 30.0	Juveniles
<b>Crecimiento 2-42</b>	4.0 x 4.0	Pellet	30.0 a 90.0	Juveniles
<b>Engorde 40</b>	6.0 x 6.0	Pellet	90.0 a la venta	Pre- comercial
<b>Engorde 40</b>	8.0 x 8.0	Pellet	250 a la venta	Comercial

**Tabla 3** consumo de alimento según la etapa de trucha. Ibarra, 2017.

Fuente: (Pardo, Quintero, & Quintero, 2011)

### 2.3.10 Granulometría de alimento según su etapa

Etapas	Diámetro alimento (mm)	Presentación
Alevín	1	 Migaja No.1      Polvo
Dedin	1.5 a 2.5	 Migaja No.2      Granulado

Juvenil	2.5 – 3.5 a 6	 Migaja No.3      Migaja No.4      Pellet
Engorde	4.5 a 8	 Migaja No.5      Pellet

**Tabla 4** Medidas de granulometría para cada etapa de trucha. Ibarra, 2017.

**Fuente:** (FAO, 2014).

### 2.3.8. Temperatura

La temperatura influye sobre la tasa de crecimiento debido a que *O. mykiss* es una especie que no soporta temperaturas elevadas a los 20°C, con estas temperaturas la trucha ya empieza a morir lentamente. Para fines de producción piscícola la temperatura adecuada es de 10 a 14°C, si sobrepasa los 18 °C de temperatura la productividad de esta disminuiría y alargaría su desarrollo y podría causar la muerte parcial o total de una explotación (Castro, 2004).

## **CAPITULO III**

### **MÉTODOLOGIA**

#### **3.1. Caracterización del área de estudio**

##### **3.1.1. Ubicación geográfica de la localidad.**

La finca o estación piscícola se encuentra en la parroquia de San Francisco de Sigsipamba, cantón Pimampiro, provincia Imbabura a 3.920 m.s.n.m. Su temperatura ambiental oscila entre 10°C a 14°C y recibe una precipitación anual de 680 mm.

- **Provincia:** Imbabura
- **Cantón:** Pimampiro
- **Parroquia:** San Francisco de Sigsipamba
- **Lugar:** San Miguel
- **Altitud:** 3.920 m.s.n.m
- **Temperatura media anual:** Oscila entre 10°C a 14°C
- **Precipitación anual:** 680mm.

##### **3.2.1. Materiales de campo**

- Piscinas.
- Bomba centrífuga de 1hp de caudal.
- Biofiltros de 100 lt.
- Funda plásticas.
- Oxímetro.
- Kit de agua dulce.
- Alimento balanceado.
- Red de pesca de nailon.
- Botas de caucho.
- Balanza analítica de 5 k.
- Lienzo (1 m ).
- Reglas graduadas (30 cm).
- Tableros (6 unidades)
- Jaulas para truchas (6 unidades de 1x1x1).
- Recipientes de plástico (balde de 20 lt).
- Tanque para reservorio de agua (100 lt)
- Pintura
- Botellas de plástico (200 unidades)
- Tubos de plástico (55 mm)

- Codos
- Pasamuros
- Pega de tubo
- Teflón
- Escobas
- Mandil plástico

### 3.2.2. Equipos de oficina

- Computadora
- Cámara fotográfica
- Borrador
- Esferos y lápiz
- Libreta de campo
- Registros de datos

### 3.2.3. Material experimental

- Sistema de recirculación de agua en el engorde de trucha arcoíris.
- Trucha arcoíris.

## 3.1.Método

### Factores en estudio

- Sistemas de recirculación de agua.

### 3.2.4. Tratamientos

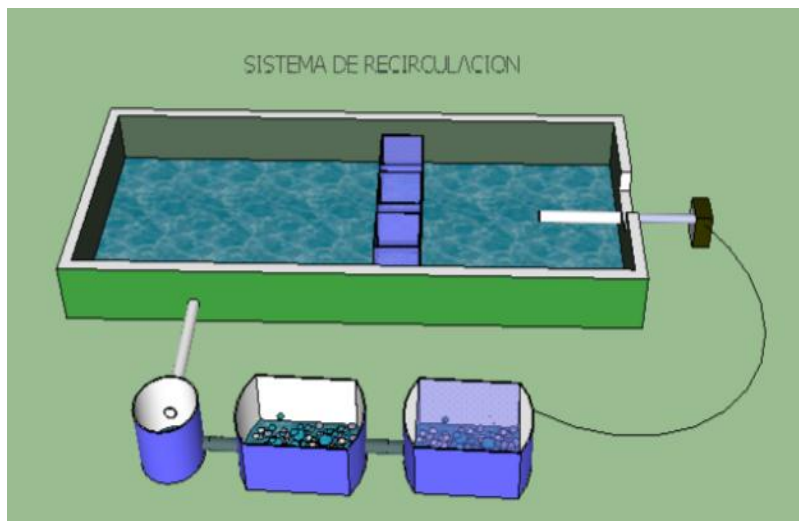
Los tratamientos a evaluar se consignan en la Tabla 3.

TRATAMIENTOS		
No.	Código	Descripción
T1	SR	Sistema cerrado con recirculación de agua (Figura 1)
T2	ST	Sistema tradicional (Figura 2)

**Tabla 5** Tratamientos a evaluar. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

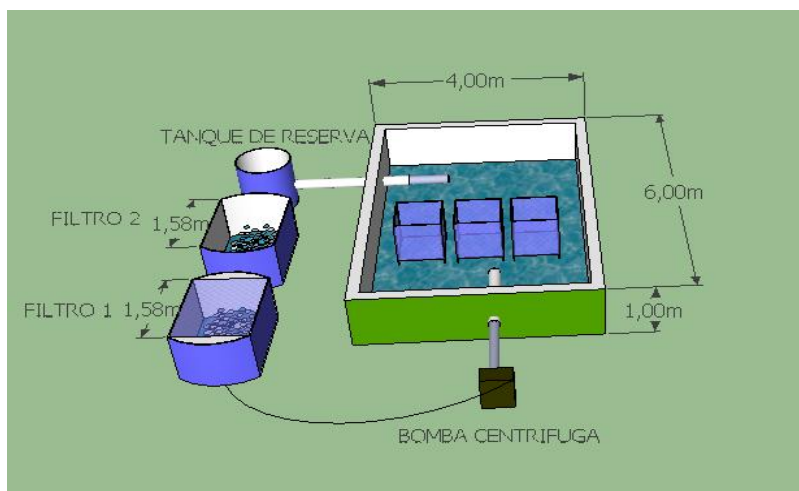
### 3.2.5. Piscina del Sistema de Recirculación



**Figura 6** Sistema de recirculación. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

### 3.2.6. Medidas de la piscina del Sistema de Recirculación



**Figura 7** Medidas de la piscina de recirculación y sus componentes. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

Filtro 1: 100 l

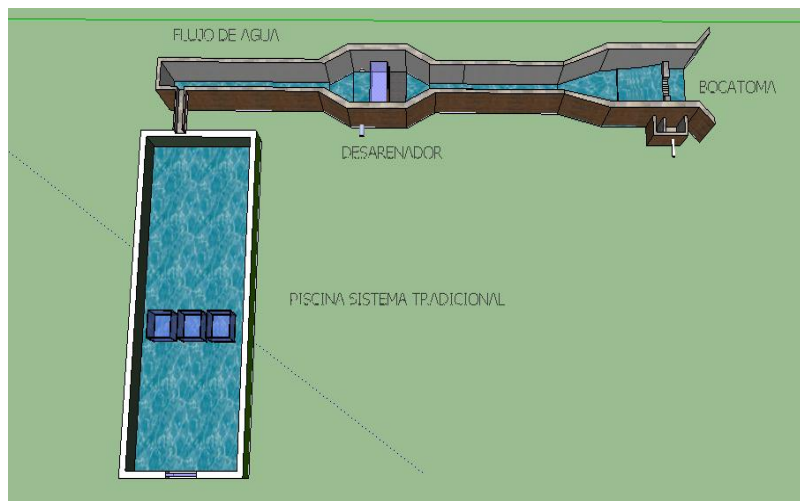
Filtro 2: 100 l

Tanque de reserva: 80 l

Bomba centrífuga: 1 hp de caudal

Piscina: 24000 l

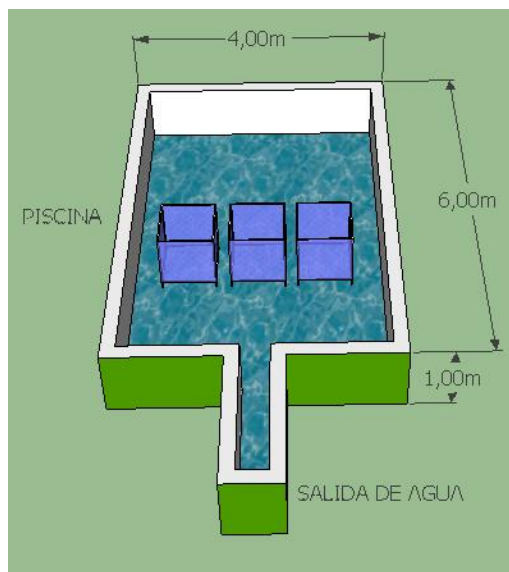
### 3.2.7. Piscina Sistema Tradicional



**Figura 8** Sistema tradicional. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

### 3.2.8. Medidas Piscina Sistema Tradicional



**Figura 9** Medidas de la piscina del sistema tradicional. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

Piscina: 24000 l

### **3.2.9. Diseño experimental**

Para la presente investigación se utilizó la prueba de “T” Pareada, que consta de dos tratamientos y tres repeticiones.

### **3.2.10. Características del Experimento**

- N° de Tratamientos: 2
- N° de Repeticiones: 3
- N° de Unidades Experimentales: 6

### **3.2.11. Características de las unidades experimentales**

La unidad experimental constó de 75 animales en una piscina de 6 x 4 m las cuales fueron pesadas y medidas a la culminación de la investigación (cuatro semanas).

### **3.2.12. Análisis Estadístico**

Todas las variables fueron sometidas a la prueba de T pareada al 5% de probabilidad estadística.

## **3.3. Variables Evaluadas**

### **3.3.1. Oxígeno Disuelto**

El oxígeno disuelto se midió al ingreso de la piscina y se lo realizó con un Oxímetro. Se determinó la pérdida de oxígeno disuelto asimilado por los peces con el oxígeno disuelto perdido a la salida de la piscina.

### **3.3.2. Parámetros Fisicoquímicos**

Se midió quincenalmente los siguientes parámetros fisicoquímicos amonio, nitritos, pH y temperatura, utilizando kits para análisis de agua dulce.



### 3.3.3. Mortalidad

Se obtuvo el porcentaje de mortalidad y sobrevivencia, basándose en el número de peces muertos y vivos, aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ sobrevivencia} = \frac{\# \text{ de peces vivos}}{\# \text{ de peces muertos}}$$

### 3.3.4. Conversión alimenticia

Para el Índice de Conversión Alimenticia (ICA) se calculará con base a la relación, alimento consumido y ganancia de peso.

AC= Alimento Consumido (g)

GP= Ganancia en Peso (g)

$$C.A. = \frac{\text{Alimento Consumido}}{\text{Ganancia de peso}}$$

### 3.3.5. Análisis económico

Se utilizó la metodología del beneficio/costo, el cálculo se realizó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Beneficio/Costo} = \frac{\Sigma \text{ Ingresos}}{\Sigma \text{ Egresos}}$$

## 3.4. Manejo específico del experimento

### 3.4.1. Readecuación del área de investigación.

Para la investigación se utilizó un área total de 500 m<sup>2</sup> que estuvo compuesta de 6 piscinas de las cuales utilizo 2 de ellas, cada una con 24 m<sup>2</sup> (6 m largo x 4 m de ancho y 1 de profundidad).

### 3.4.2. Obtención de la bomba centrífuga.

Se utilizó la bomba centrífuga de caudal de 1 hp de potencia la cual sacara 1 litro por segundo, estuvo conectada a la salida de la piscina mediante un tubo plástico de 50 mm, el agua recirculó a los biofiltros ubicados a 12 m, pasó al segundo filtro y por último al tanque de reserva donde se utilizó un aireador de 1 hp de potencia, este aireador oxigenara el agua y así regresar nuevamente a la piscina.

### 3.4.3. Armado del biofiltro.

Se utilizó dos tanques de 120 l cada uno del cual se recortó un 5% de su capacidad quedando un volumen de agua de 100 l cada uno, se utilizó un tanque de reserva de agua de 80 l en donde el agua estaba en óptimas condiciones para regresar a la piscina de cultivo.

### 3.4.4. Adquisición del balanceado.

Para realizar la presente investigación se adquirió balanceado para la etapa de engorde, el cual tuvo la siguiente composición nutricional.

Parámetros	Cantidad	Porcentaje
Humedad	(Max)	12.0 %
Proteína	(Min)	40 %
Grasa	(Min)	13.0 %
Fibra	(Max)	2,5 %
Ceniza	(Max)	12.0 %

**Tabla 6** Análisis nutricional. Ibarra, 2017.

**Fuente:** El Autor

### 3.4.5. Compra de animales

Se adquirió 150 truchas para la fase de engorde de 20 semanas de edad aproximadamente, con un peso de  $120\text{g} \pm 3\text{g}$  y una talla de  $20\text{cm} \pm 3\text{cm}$  de acuerdo al cálculo efectuado de la carga animal por  $1\text{m}^3$  según el lugar de la explotación piscícola.

#### **3.4.6. Limpieza de las piscinas**

La limpieza de piscinas se realizó previa a la instalación del ensayo y todas las semanas para asegurar la remoción de sólidos acumulados en el fondo y hojas suspendidas en el agua.

#### **3.4.7. Desinfección del área de ensayo**

La desinfección se la realizó con 1 kilo de cal comercial por piscina, como medida profiláctica para los animales en caso de presencia de hongos y por la acción antiparasitaria que tiene, se recomienda 75 g /m<sup>3</sup> fondos arenosos y 400g/ m<sup>3</sup> fondos lodosos de cal viva, cada piscina ocupó un volumen de agua de 24 000 l.

#### **3.4.8. División de las piscinas**

Se realizó con jaulas de 1 m<sup>2</sup>, las cuales sirvieron para separar las repeticiones, en cada piscina, además se utilizó malla de 16 mm<sup>2</sup> de tela para evitar el paso de alimento entre repeticiones.

#### **3.4.9. Colocación de las truchas en las piscinas**

Al momento de iniciar el ensayo se distribuyó al azar 75 truchas por cada tratamiento divididas en tres repeticiones cada una con 25 animales, en donde se tomó todas las unidades experimentales para realizar los análisis ya descritos anteriormente, que son toma de medidas y pesaje.

#### **3.4.10. Pesado de truchas**

Se pesó las truchas en una balanza analítica al inicio de la investigación a los 0 días 15 días y 30 días como dato base por cada tratamiento una vez realizada la distribución de en cada una de las jaulas.

#### **3.4.11. Medición de animales**

Se midió los animales con una regla graduada de 30 cm el primer día de su ingreso a cada piscina a los 15 días y 30 días el cual fue el tiempo de finalización de la investigación como dato base por cada tratamiento para obtener cada uno de los resultados esperados.

### 3.4.12. Sistema de alimentación

Se desarrolló dos veces al día (10:00 horas y 15:00 horas), hasta obtener un peso de finalización de 250 g y de 27 cm de longitud, su ración de alimento se calculó de acuerdo al peso corporal y a la temperatura del agua, de acuerdo a los parámetros descritos en la Tabla 7.

TABLA DE CONSUMO							
Alimento	Peso (g)	Talla (cm)	% PESO CORPORAL Temperatura del agua °C				
			10	12	14	16	18
Engorde – 40	57 – 137	15 – 25	1,1	1,3	1,5	1,9	2,2

**Tabla 7** Sistema de alimentación de trucha. Ibarra, 2017.

**Fuente:** (Pardo, Quintero, & Quintero, 2011)

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

La presente investigación se la realizó con fines de aprendizaje y formación académica, los resultados obtenidos mostraron ser favorables para el avance y aporte en nuestra investigación en la parte piscícola tanto para Imbabura y en el lugar donde se realizó la investigación, por lo que podría ser de gran ayuda para los productores piscícolas de la zona, ya que con la presente investigación se busca aumentar volúmenes de producción y mejorar la calidad en los productos, optimizando así recursos y las condiciones adecuadas para enfrentar nuevos retos a futuro, y con ello tener mayores oportunidades de vender en los mercados extranjeros un producto de buena calidad; A continuación se presenta cada una de las variables evaluadas durante la investigación.

#### 4.1.Oxígeno Disuelto en el Agua

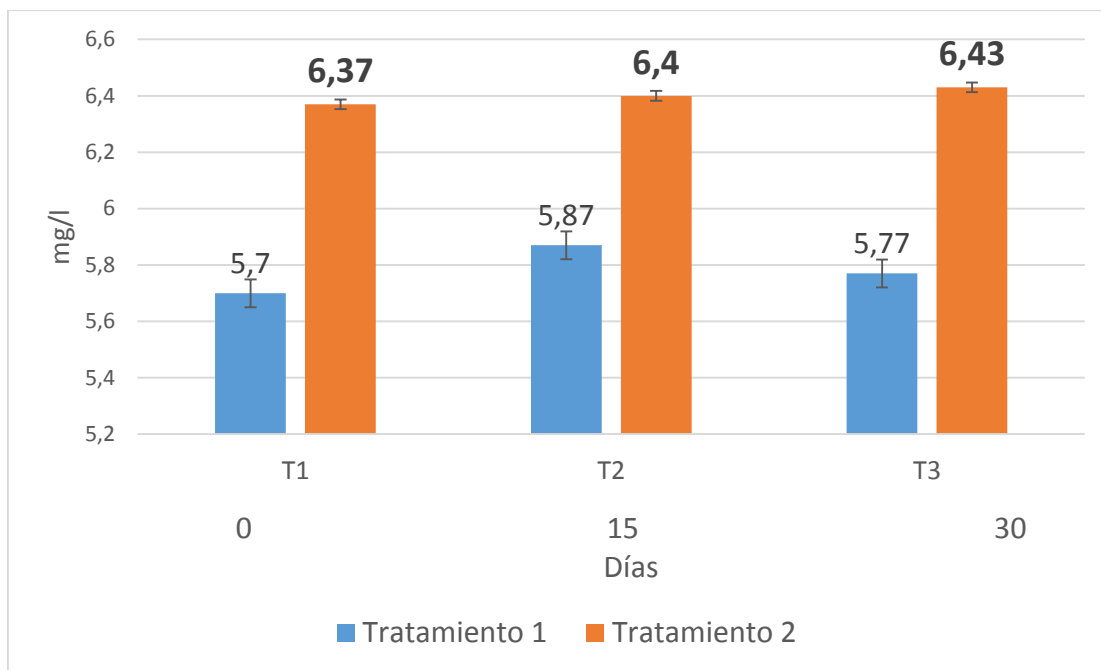
Efectuada la prueba de “T” Pareada para los respectivos tratamientos en la Tabla 8 se observa una T calculada que muestra valores altamente significativos calculados al 5% de probabilidad para el tratamiento 2 (T2) siendo este el sistema tradicional.

VARIABLE	M	E.E	CV	S	SC	VC	Tc	T $\alpha_{0.05}$	T $\alpha_{0.01}$
T1R1	5,7	0	0	17,1	97,47	0,027	10,05 **	2,447	3,707
T1R2	5,87	0,09	2,6	17,6	103,3	0,072	4,849 **		
T1R3	5,77	0,09	2,65	17,3	99,81	0,013	14,00 **		
T2R1	6,37	0,13	3,63	19,1	121,71				
T2R2	6,4	0,2	5,41	19,2	123,12				
T2R3	6,43	0,03	0,9	19,3	124,17				

**Tabla 8** Oxígeno disuelto en el agua. Ibarra, 2017.

**Fuente.** El Autor

Se observa diferencias significativas de acuerdo al variable oxígeno disuelto en los dos tratamientos, estadísticamente el mejor tratamiento en esta variable fue el sistema tradicional dando a conocer una mayor cantidad de OD en un volumen de agua de 24000 l.



**Figura 10** Oxígeno disuelto en el agua. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

Como se observa en la Figura 10 se muestran los valores del Oxígeno Disuelto, teniendo mayor absorción en el sistema tradicional, se observa que si existen diferencias significativas entre tratamientos a lo largo de la fase experimental que tuvo una duración de 30 días.

En la investigación realizada por (Sanchez, 2013) quien trabajó con truchas en la determinación de Oxígeno Disuelto, no existió diferencias significativas para esta variable, debido a que en los biofiltros las bacterias exigían una alta demanda de OD para poder realizar los procesos de nitrificación, pues por cada gr de nitrógeno amoniacal oxidado a nitrito se requieren 4,57 g de oxígeno. El OD en el los biofiltros es esencial para mantener un nivel adecuado para la proliferación de las bacterias.

Mientras que, en la presente investigación, se obtuvo diferencias altamente significativas de 5,7 mg/l en el Sistema de Recirculación (SR) y de 6,4 mg/l en el Sistema Tradicional (ST) mostrando que este último obtuvo mejores valores.

#### 4.2. Parámetros Fisicoquímicos: Contenido de Amonio

Realizada la prueba de “T” Pareada en la Tabla 9 se observa un p-valor de 0,1690 en donde se muestra que no es significativo, para los dos tratamientos.

TRATAMIENTOS	MEDIA	TC	P-VALOR
T 1	0,02	1,51	0,1690
T 2	0,00		

**Tabla 9** Contenido de amonio. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

No se obtuvieron diferencias significativas de acuerdo en la variable contenido de Amonio en los dos tratamientos, por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se comprueba que los dos sistemas funcionan de igual forma.

(Masser, 2009) obtiene resultados diferentes ya que en el amonio total se presentaron valores entre 0 y 0,06 mg/l, describiendo un aumento en los niveles de amonio durante el periodo de maduración del agua en un biofiltro. Por lo tanto, los niveles de amonio aumentaron progresivamente debido a la actividad bacteriana durante las primeras semanas para luego estabilizarse al cabo de 15 a 20 días.

Mientras que, en la presente investigación, se obtuvo valores de 0,03 mg/l en el sistema de recirculación y un valor de 0 mg/l para el sistema tradicional, esto confirma que no se encuentra diferencias significativas en el factor (Contenido de Amonio), atribuyéndolo a que durante el periodo de investigación (30 días), no existió incremento mayor a este resultado, estos valores no representan niveles letales dentro de un sistema de recirculación, el continuo recambio de agua contribuye a estabilizar los niveles de amonio evitando estrés fisiológico por parte de los peces.

#### 4.4. Temperatura

Realizada la prueba de “T” Pareada en la Tabla 10 se observa un p-valor de 0,0805 en donde se muestra un p-valor no significativo, para los dos tratamientos.

TRATAMIENTOS	MEDIA	TC	P-VALOR
T 1	12,33	2,00	0,0805
T 2	12		

**Tabla 10** Temperatura. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

Al no observarse diferencias significativas de acuerdo a la variable temperatura en los dos tratamientos, se acepta la hipótesis nula en nuestra investigación y se comprueba que los dos sistemas funcionan de manera similar.

Blanco, (1995) manifiesta que la temperatura se mantuvo dentro del rango reportado para el mantenimiento de *O. mykiss* en cautiverio, es decir, entre 9 y 14°C.

En la presente investigación se registró una temperatura de 13°C en el sistema de recirculación (SR) lo cual probablemente influyó de manera positiva, reduciendo la mortalidad a 0 % a lo largo de la investigación.

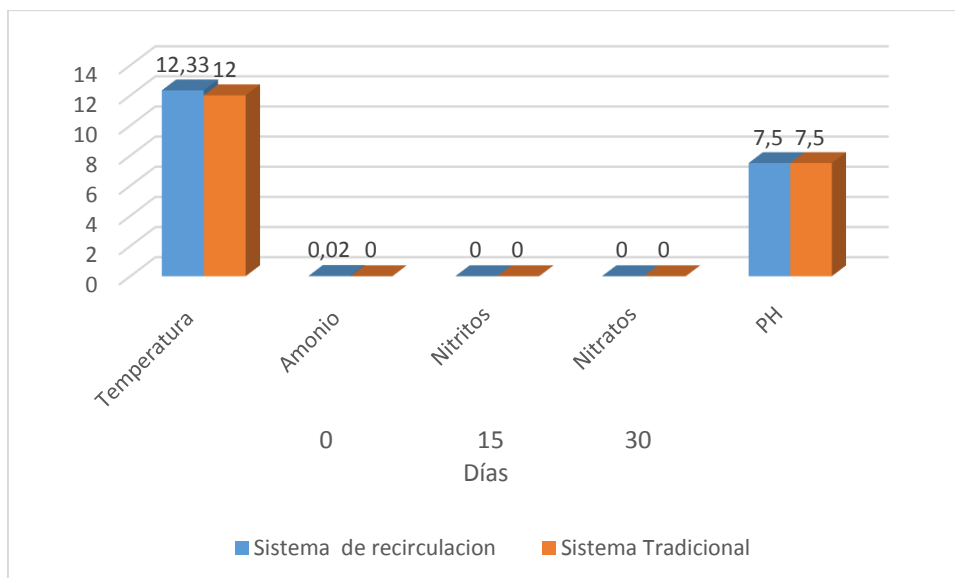
Parámetros	Sistema de Recirculación	Sistema Tradicional	E.E
Temperatura	12,33	12,00	0,01
Amonio	0,02	0,00	0,01
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
pH	7,5	7,5	0

**Tabla 11** Parámetros fisicoquímicos en el agua. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

A lo largo del experimento se determinó que no existió diferencia significativas en los dos tratamientos en Amonio (NH<sub>3</sub>), Nitritos (NO<sub>2</sub>) Nitratos (NO<sub>3</sub>) y pH tanto para los peces sometidos a recirculación como aquellos que se encontraban en el circuito abierto.





**Figura 11** Parámetros fisicoquímicos del agua. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

Observando en la Figura 11, se puede evidenciar que los parámetros Físico-químicos en los tratamientos no muestran diferencias significativas estadísticamente, pero se observa un incremento de temperatura en el sistema de recirculación que puede ser favorable en tanto lo que es Amonio ( $\text{NH}_3$ ), Nitritos ( $\text{NO}_2$ ), Nitratos ( $\text{NO}_3$ ) y pH estos valores fueron similares, dando así un óptimo desarrollo de los peces.

Stickney (2000) asegura que el rango presentado entre 0.0 y 0.6 mg/l de Amonio no representan niveles letales dentro de los sistemas de recirculación. El continuo recambio de agua contribuye a estabilizar los niveles de amonio, evitando estrés fisiológico por parte de los peces.

Los niveles de nitrito ( $\text{NO}_2$ ) que se encontraron fueron alrededor de 0.1 mg/L. Estos valores según Blanco (2005) son aceptables y se encuentran dentro del rango fisiológico adecuado para el cultivo de *O. mykiss*. Los valores de  $\text{NO}_2$  se mantuvieron constantes lo que sugiere que el diseño, manejo y mantenimiento del biofiltro en parte contribuyeron a mantener niveles bajos de  $\text{NO}_2$  dentro del SRA (Losordo, 2002).

Los datos de pH muestran valores que oscilan entre 5.3-7.8, 5-7.2 y 5.6-6.9 en los grupos A, B y C respectivamente. Al observar los datos se presenta que en cada una de las repeticiones de los tres grupos, una tendencia en la disminución del pH a través de los tres muestreos

realizados. Esto se explica debido a la actividad nitrificante o de oxidación de los compuestos nitrogenados en forma de amonio a nitrito realizada por el biofiltro (Losordo, 2002).

La temperatura se mantuvo dentro del rango reportado para el mantenimiento de *O. mykiss* en cautiverio, es decir, entre 9 y 17°C, valores reportados en los estudios de (Blanco, 2005).

#### 4.5. Parámetros de Producción: Longitud

Realizada la prueba de “T” Pareada en la Tabla 12 se observa una T calculada 1,290, dicho valor no es significativo en comparación al correspondiente a su tabular del 5% de probabilidad estadística para los dos tratamientos.

T	Media	E.E.	CV	Suma	S C	Var C	TC	T $\alpha_{0.05}$	T $\alpha_{0.01}$
<b>T1R1</b>	21,55	0,09	0,75	64,64	1392,83	0,0208	1,018 ns	2,447	3,707
<b>T1R2</b>	25,21	0,02	0,12	75,62	1906,13	0,2074	1,290 ns		
<b>T1R3</b>	25,6	0,42	2,82	76,8	1967,12	0,5924	0,286 ns		
<b>T2R1</b>	21,49	0,07	0,54	64,48	1385,92				
<b>T2R2</b>	24,97	0,37	2,57	74,92	1871,83				
<b>T2R3</b>	25,51	0,47	3,2	76,53	1953,61				

**Tabla 12** Longitud. Ibarra, 2017.

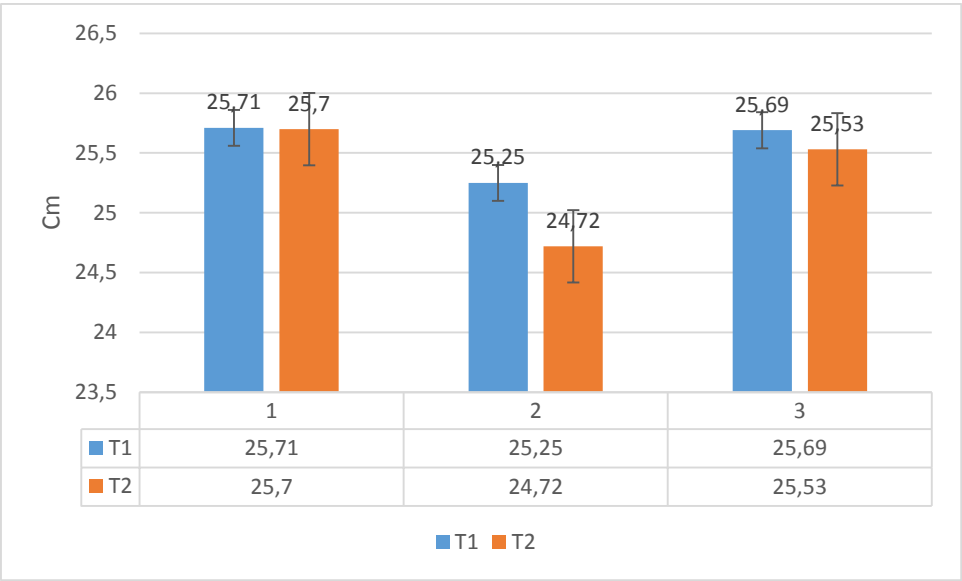
**Fuente:** Autor

El coeficiente de variación de 1,66 % estableció que los datos, con respecto a esta variable, son relativamente homogéneos, debido al mismo efecto de los tratamientos.

Sin embargo en el estudio realizado por Blanco (2005) se observaron diferencias significativas entre tratamientos ya que todos los individuos fueron mantenidos bajo las mismas condiciones de densidad, agua, ración de alimento, y calidad de agua, se argumenta que esta diferencia fue probablemente ocasionada por la no adecuada separación de cabezas y colas durante la implementación de los individuos dando a conocer que esta investigación se la realizó en alevines de trucha arcoíris.

Si se compara con la presente investigación, se puede observar que los valores no fueron significativos entre tratamientos ya que se mantuvieron bajo las mismas condiciones de cultivo durante el tiempo que duró la investigación (30 días), la longitud alcanzada por las dos replicas

fueron homogéneas. Presentando los individuos las siguientes medidas  $20\text{ cm} \pm 3\text{ cm}$  y un peso de  $120\text{ g} \pm 3\text{ g}$  cada uno.



**Figura 12** Longitud. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

#### 4.6.Ganancia de peso.

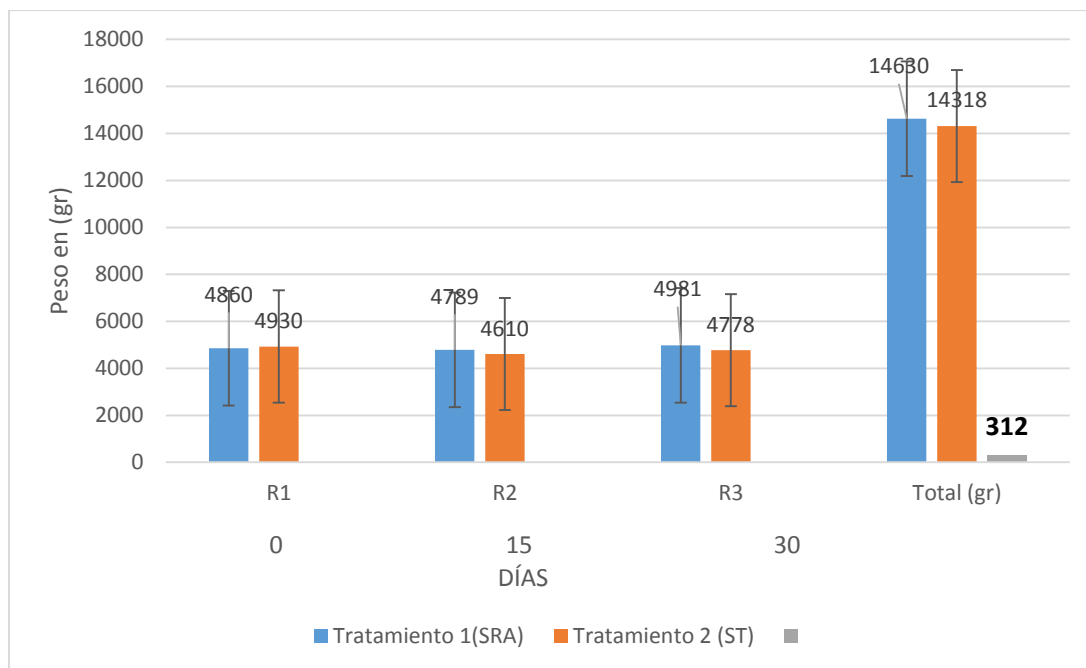
Realizada la prueba de “T” Pareada en la Tabla 13 se observa un p-valor de 0,1462 el cual no es significativo.

TRATAMIENTOS	MEDIA(g)	TC	P-VALOR
T 1	1724,33	1,80	0,1462
T 2	1528,67		

**Tabla 13** Ganancia de peso. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

No se observa diferencias significativas de acuerdo en la variable ganancia de peso en los dos tratamientos, por lo tanto se acepta la hipótesis nula en nuestra investigación y se comprueba que el crecimiento no fue afectado por el sistema de recirculación.



**Figura 13** Ganancia de peso. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

En la Figura 13, se observa que el incremento de peso fue similar en ambos tratamientos a lo largo de la investigación, no obstante los peces que se encontraban en el sistema de recirculación que obtuvieron un peso superior en un 3 a 5 % que aquellos que se encontraban en el sistema abierto.

Sin embargo en estudios realizados por Blanco (2005) mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) a nivel de tratamientos, esto no se esperaba ya que todos los individuos fueron mantenidos bajo las mismas condiciones de densidad, agua, ración de alimento, y calidad del agua, se argumenta que esta diferencia fue probablemente ocasionada por la no adecuada separación de cabezas y colas durante la implantación de los individuos, es decir hubo fallo a nivel del diseño experimental. (Merino, 2005). Otra posibilidad mencionada por este autor es que influyó diferencia de pesos entre grupos y su semilla de origen.

Según los resultados obtenidos por Durborow (2000) en alevines se encontraron por encima de los 100 g en un periodo de cultivo de 30 días calendario. Se distribuyó en tres grupos, el grupo A fue el que mayor incremento de biomasa total final (265,29 g y 267,12 g en las réplicas A1 y A2 respectivamente), siendo la réplica A3 la que obtuvo el menor

incremento de biomasa final, esto fue debido al estrés fisiológico producido por los altos niveles de excretas de animales.

#### 4.7. Índice de conversión alimenticia (ICA)

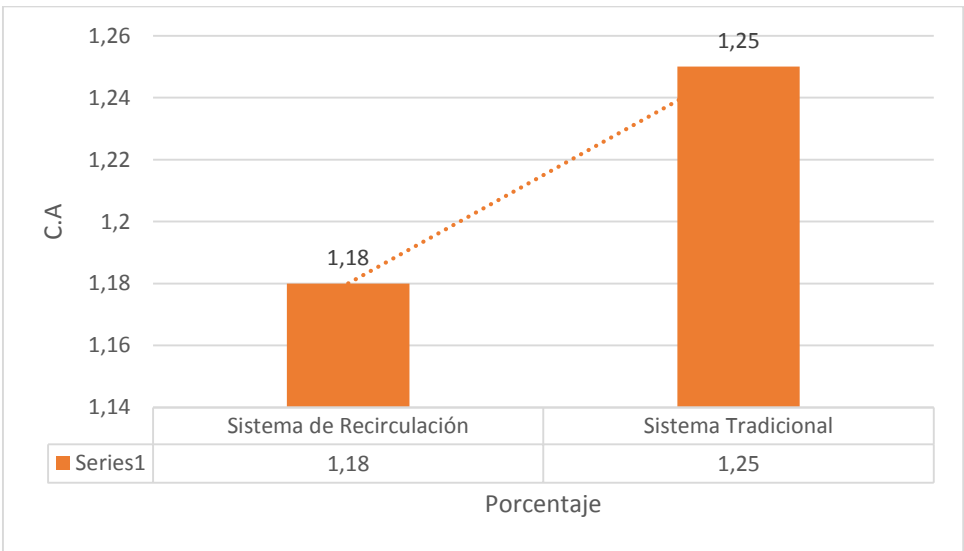
Realizada la prueba de “T” Pareada en la Tabla 14 se observa un p-valor de 0,3884 valor no significativo en comparación a su correspondiente tabular al 1% de probabilidad estadística.

TRATAMIENTOS	MEDIA	TC	P-VALOR
T 1	1,31	0,97	0,3884
T 2	1,39		

**Tabla 14** Índice de conversión alimenticia. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

No se observó diferencias significativas en el índice de conversión alimenticia (ICA) de acuerdo a la variable índice de conversión alimenticia en los dos tratamientos, por lo tanto se acepta la hipótesis nula en la investigación y se comprueba que las truchas pueden mantenerse en un sistema de recirculación parcial.



**Figura 14** Índice de conversión alimenticia. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

En la Figura 14 se muestra grandes diferencias entre los dos tratamientos, aunque no muestran diferencias significativas en los dos tratamientos se pudo evidenciar que el sistema de

recirculación (T1) presentó un (ICA) menor que las que se encontraron en un circuito abierto (T2).

#### 4.8.Tasa de alimentación diaria

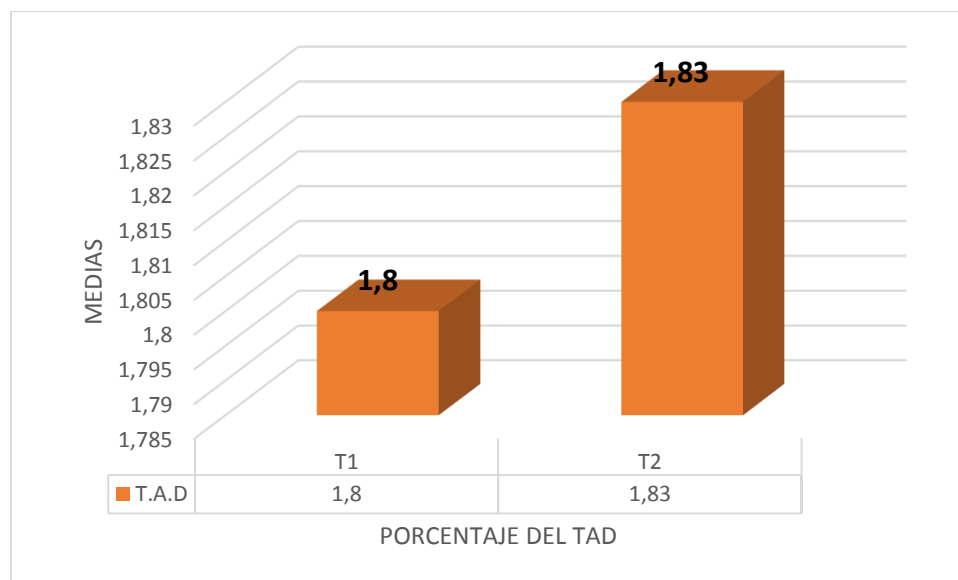
Realizada la prueba de “T” Pareada en la Tabla 15 se observa un p-valor de 0,3636 valor no significativo en comparación a su correspondiente tabular al 1% de probabilidad estadística.

TRATAMIENTOS	MEDIA	TC	P-VALOR
T 1	1,8	1,02	0,3636
T 2	1,83		

**Tabla 15** Tasa de alimentación diaria. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

Se observa una diferencia no significativa de acuerdo a la variable Tasa de alimentación diaria en los dos tratamientos, por lo tanto se acepta la hipótesis nula en la investigación y se comprueba que los dos sistemas funcionan iguales. Se acepta la hipótesis nula para esta variable.



**Figura 15** Tasa de alimentación diaria. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

En la Figura 15, se observa que el tratamiento T2 tuvo mayor porcentaje en la tasa de alimentación diaria comparado con el T1. No obstante los dos tratamientos fueron iguales estadísticamente con un P-VALOR no significativo pero matemáticamente si se observó una diferencia.

#### **4.9. Porcentaje de mortalidad**

No se registró ninguna baja durante el tiempo experimental obteniéndose un porcentaje de mortalidad de 0 % en el periodo de estudio el cual duro 30 días. Dicha situación se pudo presentar debido a la baja biomasa por metro cúbico, lo que disminuyo el consumo de OD y la producción de amonio con la consiguiente baja y la calidad de agua fue adecuada para una buena producción.

#### **4.10. Costo beneficio Sistema de Recirculación**

Una vez realizada las respectivas depreciaciones de la maquinaria y equipos utilizados para el sistema de recirculación se observa un valor de 33 centavos de ganancia por cada dólar invertido en la investigación.

<b>Total Egresos</b>	<b>80,64</b>
<b>Total Ingresos</b>	93,75
<b>Costo-beneficio</b>	<b>1,16</b>

**Tabla 16** Costo- beneficio sistema de recirculación. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

En la Tabla 16, se muestra los beneficios netos en el Tratamiento 1 (Sistema de Recirculación) el cual se mostró positivo aun cuando se utilizó maquinaria a la cual se le aplicó la respectiva depreciación y se observa una ganancia de un 33 % de recuperación en un mes que duro la fase de campo de la investigación.

#### **4.11. Costo beneficio Sistema Tradicional**

Una vez realizada la depreciación de los equipos utilizados en un sistema tradicional se observa un valor de 47 centavos de ganancia por cada dólar invertido en la investigación.

<b>Total Egresos</b>	<b>73,89</b>
<b>Total Ingresos</b>	93,75
<b>Costo-beneficio</b>	<b>1,27</b>

**Tabla 17** Costo- beneficio sistema tradicional. Ibarra, 2017.

**Fuente:** Autor

Como se muestra en la tabla 17, se observa un costo- beneficio relativamente bueno en comparación con el SRA ya que este no utilizó maquinaria y equipos la cual lo hace más bajo en costos y alto en recuperación de la inversión actual de un 47%.



## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **CONCLUSIONES**

Según el análisis de los resultados obtenidos en campo y tomando en cuenta las condiciones bajo las cuales se desarrolló la investigación, se puede concluir lo siguiente:

- El sistema de recirculación funcionó correctamente con un 10 % de recambio de agua y no presentó mortalidad en toda la fase experimental y se obtuvo una sobrevivencia del 100%.
- La calidad del agua que se observó en el SRA a nivel de concentración de amonio total, nitrito, nitratos, pH y temperatura permitió el mantenimiento de los individuos bajo cultivo.
- Los parámetros de eficiencia nutritiva (TAD, ICA) en las truchas del (SRA) fueron similares con respecto al sistema tradicional.
- La tasa de crecimiento específico (TCE) en los dos tratamientos fueron similares lo que indica que se puede criar truchas con esas densidades, sin que este parámetro se vea afectado.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el pesaje de los animales al inicio y al final de la producción debido a que estos se estresan fácilmente y dejan de comer 1 o 2 días.
- Es recomendable guardar el alimento no consumido en los días de lluvia y suministrarlo en los días soleados en los cuales se tiene mayor aceptabilidad por los individuos.
- Se recomienda tener una bomba y un aireador de reserva en caso de daños, caso contrario se puede tener una pérdida total.
- Se recomienda incrementar la densidad de siembra hasta 7 kg/m<sup>3</sup> y compararlos con el Sistema Tradicional.
- Es recomendable hacer un recambio de agua de tres veces por semana de 10% a 12 % durante una hora dependiendo del flujo de agua.

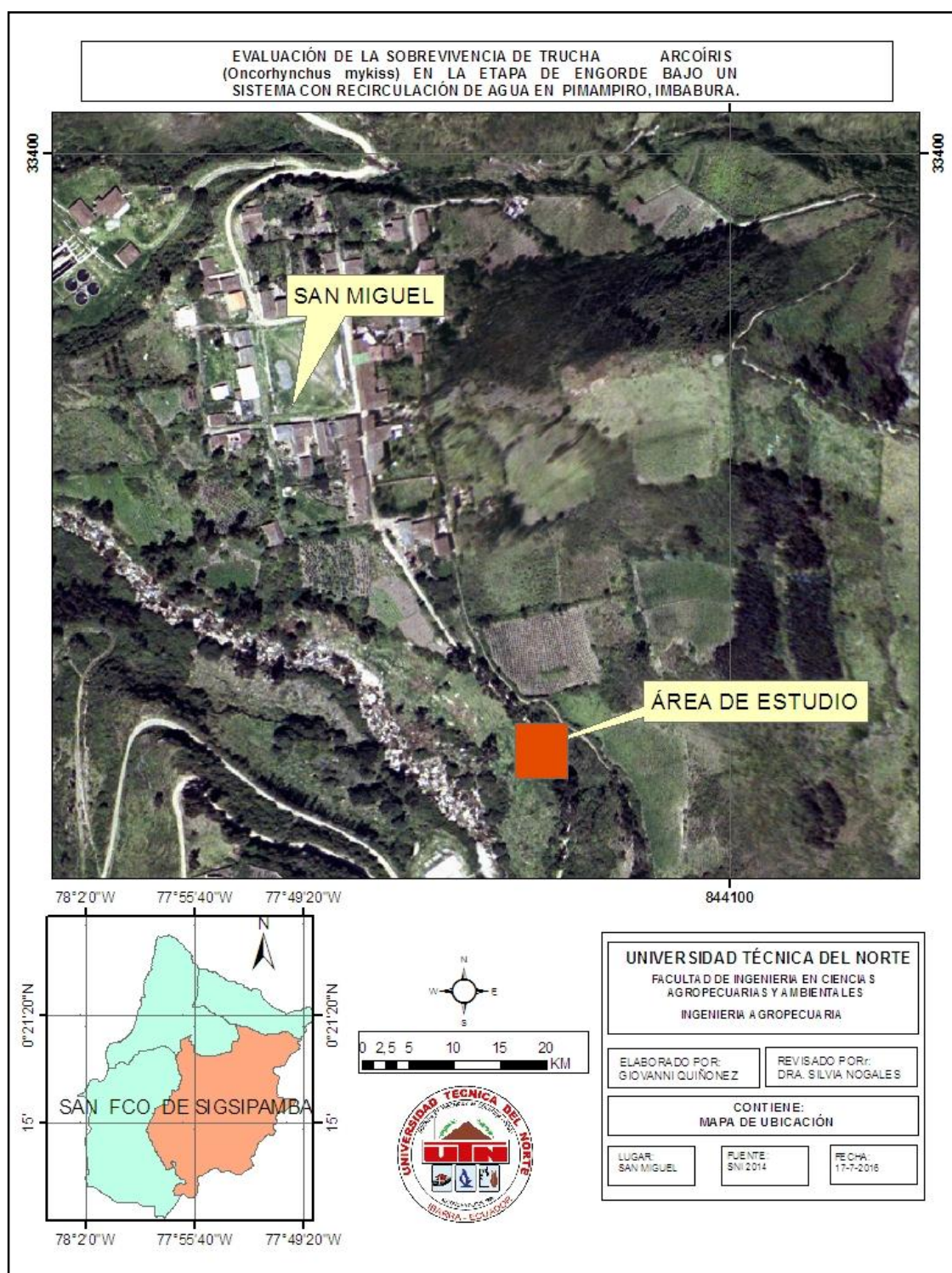
## BIBLIOGRAFÍA

- Anzola, R. (2011). *Calidad del agua y la productividad de un estanque en acuicultura*.
- Arredondo, J. L. (2006). Cultivo de Trucha Arcoiris en un sistema cerrado de recirculación de agua. *Comunicación Científica - CIVA*, 1038-1047.
- Blanco, M. C. (2005). La trucha.
- Cadwell, J. (2010). Why use aquaculture as an educational tool. *Why use aquaculture as an educational tool*. Estados Unidos.
- Cardenas, M. L. (2004). Características ecológicas y ambientales del cultivo de trucha en tanques con recirculación. *Características ecológicas y ambientales del cultivo de trucha en tanques con recirculación*. Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Castro, A. M. (2004). Algunos aspectos bioecológicos de la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss*. Bogota, Colombia.
- Duning, M. L. (2011). Recirculación. Southern Regional Aquaculture Center. *The economics of recirculating tank systems: a spreadsheet for individual analysis*. Estados Unidos.
- Durbin, R. (Junio de 2000). *Southern Regional Aquaculture Center*. Obtenido de Department of Agriculture.
- Eding, E. K. (2006). Design and operation of nitrifying trickling filters in recirculating aquaculture. *Aquaculture engineering*, 34.
- FAO. (2014).
- Hepher, B. (2013). Nutrición de peces comerciales en estanques. *Nutrición de peces comerciales en estanques*. Lima, Lima, Peru: Editorial Limusa.
- Kidd, M. (2011). When considering a recirculating aquaculture venture, prudence. PaysVirginia, Virginia: Cooperative Extension.
- Lehninger, N. D. (2000). Principles of Biochemistry. New York, Estados Unidos: Worth Publishers.
- Liñan, W. (2007). *Crianza de truchas*. Surquillo: Macro EIRL.
- Losordo, M. (2002). Recirculating aquaculture tank production systems.
- Losordo, T. M., Masser, P. M., & Rakocy, J. E. (2009). Recirculating aquaculture tank production systems. *Southern Regional Aquaculture Center*. Estados Unidos.
- Masser, M. R. (2009). *Recirculating aquaculture tank. Production systems. Management of recirculating systems*.

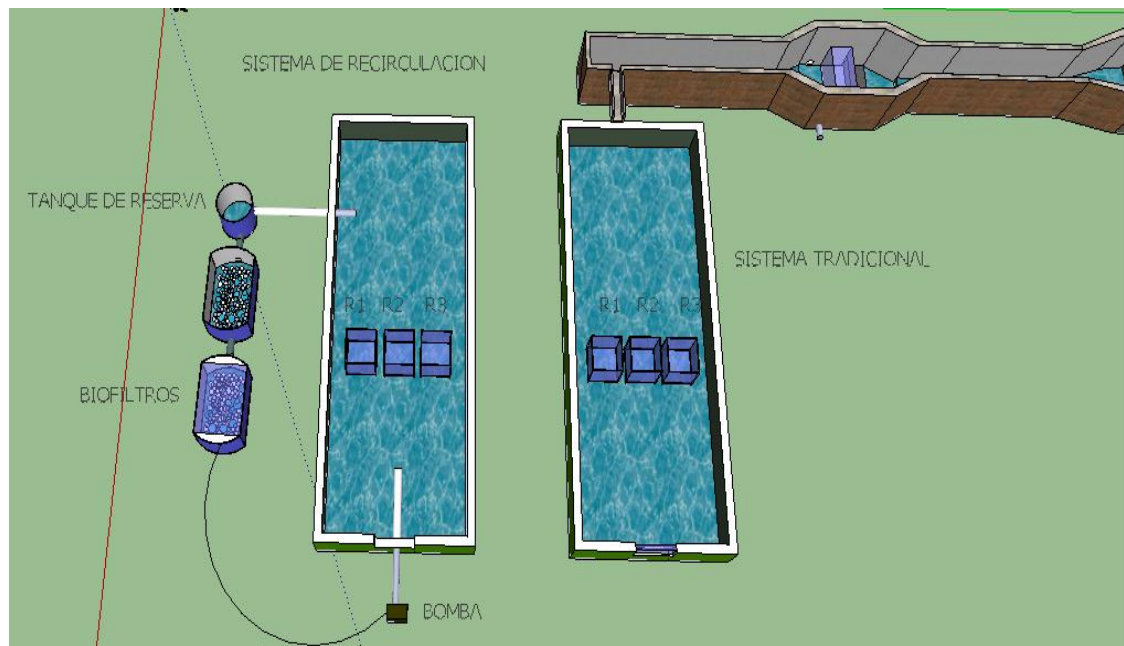
- Merino, M. (2005). el cultivo de trucha arcoíris. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. *INCODER*.
- Pardo, G., Quintero, A., & Quintero, L. (2011). Manual técnico para la producción de peces de consumo a pequeña escala en el departamento de Cundinamarca. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 100pg.
- Parker, R. (2012). Acuaculture science. *Acuaculture science*. United States of America.
- Pineda, H. J. (2003). Triploidia en truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Ciencias Pecuarias*, 52.
- Rodriguez, A. (2011). Calidad del agua.
- Salazar, G. A. (2011). Consideraciones generales sobre acuicultura. Bogota, Colombia.
- Sanchez, I. (2014). Evaluación de un sistema de recirculación de agua para levante de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*). *revista cordoba*, 17.
- Sanchez, R. (2013). Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 254.
- Shepherd, B. (Marzo de 2009). cultivo de trucha arcoiris . *cultivo de trucha arco iris*. Estados Unidos, Estados Unidos.
- Stickney, R. (2000). Enciclopedia of Aquaculture. texas, Texas, United State of America.
- Suhr, K. y. (2010). Nitrification in moving bed and fixed bed biofilters treating effluent water from a large commercial outdoor rainbow trout RAS. *Aquacultural engineering* , 37.
- Timmons, Y. B. (1995). Design Principles of Water Reuse Systems for Salmonids. *Design Principles of Water Reuse Systems for Salmonids*. New York, New York, Estados Unidos: thaca.
- Timons, M. E. (2009). *Acuicultura en sistemas de recirculacion* . USA: LLC Edición. Ithaca.
- Wilbert, L. (2007). *crianza de truchas*.
- Yanong, R. P. (2003). Fish health management considerations in recirculating aquaculture systems. *Fish health management considerations in recirculating aquaculture systems*. Florida Cooperative Extension Service.

# **ANEXOS**

**Anexo 1.** Ubicación del área de estudio. Comunidad de San Francisco 2016.



## ANEXO 2 Croquis del experimento



## ANEXO 3 Datos recopilados para la variable porcentaje (%) de sobrevivencia en la investigación

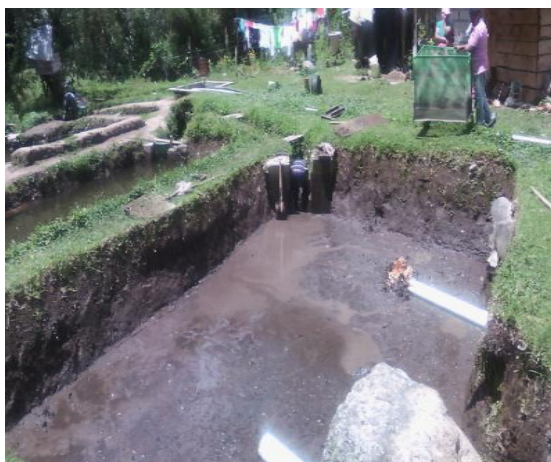
TRATAMIENTO	REP1	REP2	REP3	TOTAL	PROMEDIO	PORCENTAJE %
T1	25	25	25	75	25	100
T2	25	25	25	75	25	100

## ANEXO 4 Datos recopilados para el peso de la trucha en (g) a lo largo de la investigación

TRATAMIENTO	REP1(gr)	REP2(gr)	REP3(gr)	TOTAL (GR)
T1	4860	4789	4981	14630
T2	4930	4610	4778	14318



Adecuación del área de estudio



Armar el biofiltro



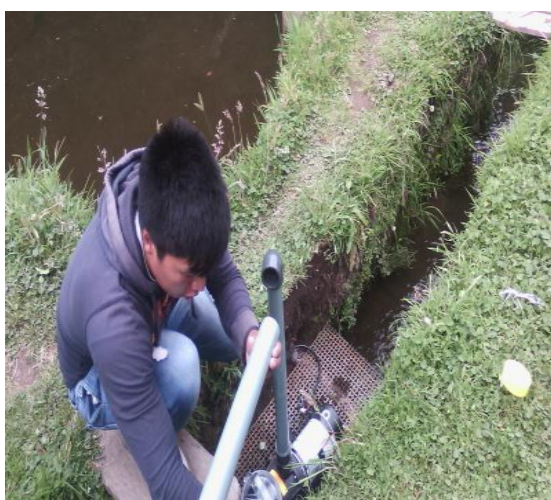
Corte de botellas plásticas



Ingreso de botellas al biofiltro



Armar el Sistema de Recirculación



Medición de temperatura





Pesaje del balaceado



Limpieza de la piscina



Toma de muestra de agua



Solución en polvo para muestreo de nitratos



Muestreo de pH



Muestreo de Amonio





Muestreo de Nitrito



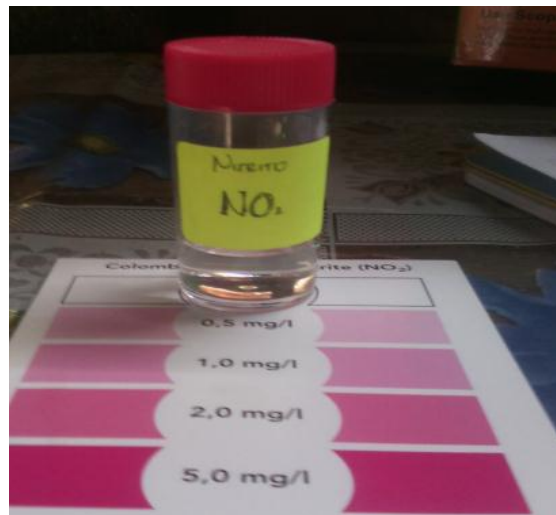
Muestras de pH, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>



Muestra de Amonio



Muestra de Nitrito



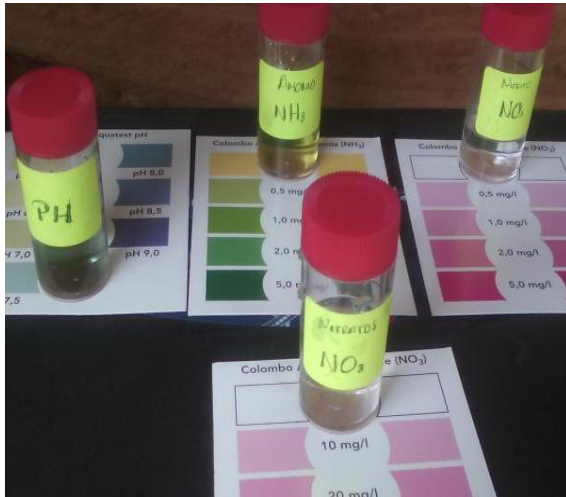
Muestra de Nitrato



Muestra de pH



Muestras de parámetros Fisicoquímicos



Medición de Oxígeno Disuelto



Alimentación



Toma de medidas



Pesado



Comercialización

